

京都大学大学院 正会員○幸正一伯 関西大学工学部 学生員 永橋俊二
 京都大学防災研究所 正会員 間瀬 肇 京都大学防災研究所 正会員 高山知司
 関西大学工学部 正会員 井上雅夫

1. はじめに

本研究は、勾配が 1/10, 1/20 および 1/40 の一様勾配海底地形を対象とし、うねり性の波から風波までを含む幅広い波浪条件のもとで、円柱の設置水深を変化させた水理実験を行い、実用的な円柱橋脚への波の打上げ高算定式を提案する。また、規則波の打上げ高と不規則波の代表打上げ高との関係について調べる。

2. 円柱橋脚への波の打上げ高算定式

不規則波の実験結果を整理した結果、円柱の設置水深で無次元化した打上げ高が無次元水深 h/H_0 に対して示す変化は指数関数的であり、沖波波形勾配の影響をあまり受けないことがわかった。そこで、打上げ高を以下のように定式化する。

$$R_{2\%}/h = K_0 + K_1 \exp\{-K_2(h/H_0)\} \quad (1)$$

各海底勾配毎の $R_{2\%}/h$ の実験結果に式(1)をあてはめ、最小2乗法により K_0 , K_1 および K_2 を推定し、それらを海底勾配の逆数 $\cot\theta$ に対して線形近似して、以下の関係式を得た。

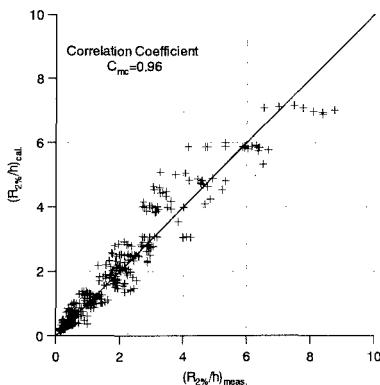


Fig.1 $R_{2\%}/h$ の実験結果と算定値の比較

$$\left. \begin{aligned} K_0 &= 0.24 - 0.004/\tan\theta \\ K_1 &= 11.43 - 0.20/\tan\theta \\ K_2 &= 1.23 - 0.02/\tan\theta \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Fig.1 は無次元打上げ高 $R_{2\%}/h$ に関して、すべての実験結果と算定値を比較したものである。沖波波形勾配の影響により、多少のばらつきはみられるものの、両者は概ね一致しており、相関係数は 0.96 であった。

式(1)を変形すると、

$$\begin{aligned} R_{2\%}/H_0 &= K_0(h/H_0) \\ &+ K_1(h/H_0) \exp\{-K_2(h/H_0)\} \end{aligned} \quad (3)$$

のようになる。この式をみると、 $R_{2\%}/H_0$ は h/H_0 の関数で表せることになるが、実際には $R_{2\%}/H_0$ は H_0/L_0 の影響を強く受けるので、式(3)では $R_{2\%}/H_0$ と h/H_0 の関係を表現することができない。そこで、 H_0/L_0 の影響を考慮した算定式に修正する。 $R_{2\%}/H_0$ の変化に対する H_0/L_0 の影響を表すためには、式(2)の K_2 を H_0/L_0 と海底勾配 $\tan\theta$ の関数として以下のように表せばよいことがわかった。

$$\begin{aligned} K_2 &= [1.55 - 0.77 \exp\{-69.46(H_0/L_0)\}] \\ &\times (1.02 - 0.015/\tan\theta) \end{aligned} \quad (4)$$

式(2)の K_0 および K_1 と、式(4)により得られる H_0/L_0 を考慮した K_2 を用いて $R_{2\%}/H_0$ と h/H_0 の関係を推定した一例を Fig.2 に示す。図中の実線は算定式による結果であり、点線は式(2)の K_0 と K_1 を用いて K_2 を最小2乗法により求めた回帰曲線である。この図から、実線および点線は実験結果の傾向を十分表現できていることがわかり、 K_2 にのみ H_0/L_0 の影響を取り入れれば $R_{2\%}/H_0$ と h/H_0 の関係を表現することも確認できた。また、 H_0/L_0 の影響を考慮した算定式を用いて $R_{2\%}/h$ と h/H_0 の関係

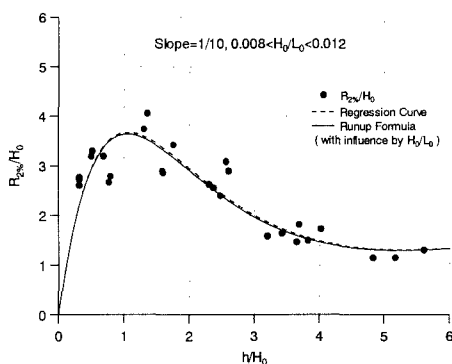


Fig.2 算定式による $R_{2\%}/H_0$ の推定

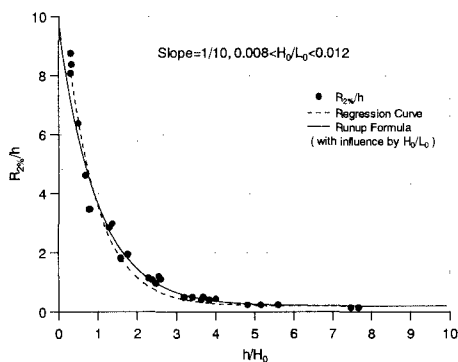


Fig.3 算定式による $R_{2\%}/h$ の推定

を推定した一例を Fig.3 に示す。図中の実線は H_0/L_0 の影響を考慮した算定式による結果であり、点線は最小 2 乗法を実験結果に直接適用して求めた回帰曲線である。この図から、算定式の結果は H_0/L_0 の影響をうまく表現できることがわかる。

H_0/L_0 の影響を考慮した算定式による算定値と実験値を比較したものが Fig.4 である。両者の相関係数は 0.98 であり、Fig.1 と比較すると一致の程度は向上している。

3. 規則波と不規則波の打上げ高の関係

規則波の波高を不規則波の有義波高に対応させ、規則波の打上げ高 R と不規則波の代表打上げ高との対応関係を調べたところ、 R は $R_{1/3}$ と一致の程度がよいことがわかった。規則波については R/h 、不規則波については $R_{1/3}/h$ を h/H_0 に対してプロットしたものが Fig.5 である。この図をみると、規則波の打上げ高の方がばらつきが大きいことがわ

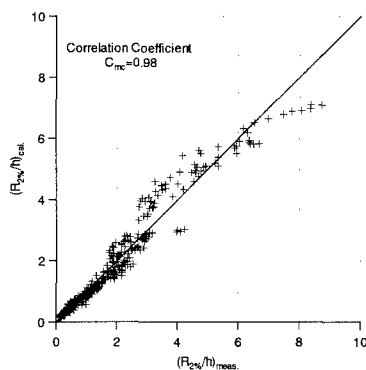


Fig.4 $R_{2\%}/h$ の実験結果と算定値の比較 (H_0/L_0 の影響を考慮した場合)

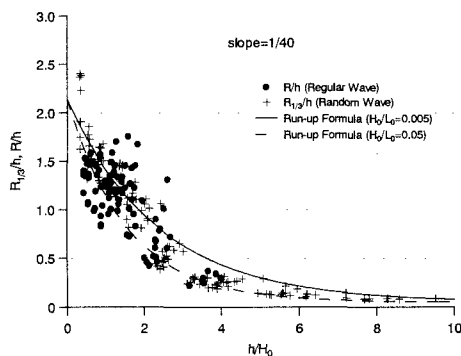


Fig.5 規則波と不規則波の打上げ高の関係

かる。規則波の打上げは、実際には 1 波ごとにかなり変動している。実験結果は 10 波を平均して示したものであるが、不規則波の場合よりも大きなばらつきを生じる。

4. まとめ

本研究で提案した円柱橋脚への打上げ高の算定式は以下のである。

$$R_{2\%}/h = (0.24 - 0.004/\tan \theta) + (11.43 - 0.20/\tan \theta) \times \exp \left\{ \frac{-[1.55 - 0.77 \exp \{-69.46(H_0/L_0)\}]}{\times (1.02 - 0.015/\tan \theta)} \right\} \quad (5)$$

この式により、一様勾配海底上に設置された円柱への打上げ高を精度良く算定することができた。また、非一様勾配の場合には、平均海底勾配を用いることにより、打上げ高を算定する。